Fouling beim Erhitzen pflanzlicher Milchalternativen – Mechanismen, Kinetik sowie online Detektion zur Validierung des Reinigungserfolgs



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Milchwissenschaft und -technologie Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs Technische Universität München School of Life Sciences Forschungsdepartment Life Science Engineering Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie Prof. Dr. Thomas Becker/Dominik Geier
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Christopher Guyot Müller Service GmbH, Freising
Laufzeit:	2024 – 2027
Zuwendungssumme:	€ 521.914,--

Forschungsziel

Pflanzliche Alternativen zu Milchprodukten, wie z. B. Haferdrinks, werden im Rahmen ihrer Verarbeitung z. T. mehrfach thermisch behandelt, um originäre oder zugegebene Enzyme zu inaktivieren und um damit die Sicherheit und Haltbarkeit der Endprodukte zu garantieren. Die Temperaturen reichen von 70 °C bis 150 °C, wobei bei kontinuierlicher Betriebsweise Wärmeübertrager eingesetzt werden. Zum Teil bildet sich aber in den für die Produktion von Milchanaloga eingesetzten UHT-Anlagen bereits nach kurzer Produktionszeit (< 5 h) ein so starkes Fouling, dass die Anlagen gereinigt werden müssen. Für Milch-UHT-Anlagen werden dagegen Produktionszeiten von 20 h (indirekt) bzw. 24 h (direkt) erreicht.

Fouling ist generell ein zentrales verfahrenstechnisches Problem für lebensmittelverarbeitende Unternehmen, da hierdurch der Wärmedurchgang vermindert wird. Um dennoch eine konstante Erhitzungstemperatur sicherzustellen, wird in der Praxis mit fortschreitendem Fouling die Temperatur des Heizmediums sukzessive erhöht. Damit steigt allerdings die Wandtemperatur und der Belag brennt an. Werden angebrannte Bestandteile durch die Strömung abgetragen, gelangen sie in die Produkte und führen in diesen zu sensorischen Qualitätsabweichungen. Zudem wird durch Fouling der freie Strömungsquerschnitt verengt. Die Förderpumpen müssen den erhöhten Druckverlust der Anlage kompensieren und der Energieverbrauch steigt. Entsprechend ist die Produktionszeit bei intensivem Fouling stark verkürzt, denn es muss häufiger gereinigt werden (CIP: Cleaning in Place). Diese Nebennutzungszeit beträgt je nach Verschmutzungsgrad 2 bis 3 h.

CIP-Reinigungsprotokolle werden produktspezifisch auf empirischer Basis für eine starke Verschmutzung (worst case) ausgelegt und sind damit in vielen Fällen überdimensioniert. Zum Teil werden zwar für kleine Produktionschargen Kurzreinigungsprotokolle programmiert, allerdings bleibt der Reinigungserfolg unsicher. Ein Weg, die Reinigungskosten zu minimieren und die Effizienz zu steigern, wäre eine CIP, die auf den jeweils vorhandenen Belag ausgelegt ist. Benötigt wird dafür ein Sensorsystem, mit dem der Abtrag des Belags während der Reinigung verfolgt und schließlich der Zustand „sauber“ (Wärmeübertrager ohne Fouling) detektiert werden kann. Im IGF-Projekt 16302 N wurde mit diesem Ziel erstmals ein ultraschallbasiertes (US)-Sensorsystem entwickelt und gezeigt, dass mit einem derartigen System prinzipiell die Abreinigung zu verfolgen und zu validieren wäre. Allerdings konnten nur Aussagen über das lokale Fouling (Sensordurchmesser) und dessen Abtrag abgeleitet werden; zudem fehlte eine technische Lösung für die Integration in Platten- oder Röhrenwärmeübertrager.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, aufbauend auf diesen Ergebnissen nun ein US-Messsystems zur Detektion von Fouling durch Auswerten von Oberflächenwellen zu entwickeln und am Beispiel einer Haferdispersion das temperaturabhängige Fouling und dessen Zusammensetzung zu untersuchen sowie Prognosemodelle zur Abreinigung zu erstellen. Die Abreinigung eines definiert zusammengesetzten Foulings soll anschließend online mittels US überwacht und das entwickelte US-Messsystem in einer Pilot-UHT-Anlage validiert werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die durch Fouling verursachten Kosten durch reduzierte Produktionszeiten wegen CIP-Reinigung sowie durch Produktverluste durch Mischphasen beim An- und Ausfahren sind für lebensmittelproduzierende Unternehmen erheblich. Hinzu kommt, dass für eine Zertifizierung der Nachhaltigkeit der Energie- und Wasserverbrauch wie auch der Impact auf die Umwelt, z. B. durch Abwasser, zentrale Elemente darstellen. Dabei stehen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) vor einer zusätzlichen Herausforderung, denn häufig werden in diesen Betrieben nur kleine und unterschiedlich zusammengesetzte Chargen pflanzlicher Alternativen behandelt. Trotz kleiner Chargen und eines geringeren Foulings ist jedoch eine gründliche Reinigung der Anlagen notwendig, damit weder Produktreste noch Allergene in das nachfolgende Produkt verschleppt werden.

Fouling wird bislang mittels einer wenig sensitiven Messmethode, dem Druckabfall zwischen Ein- und Auslauf einer Erhitzungsanlage, bestimmt. Im Gegensatz dazu wird das angestrebte US-Messsystem die Möglichkeit bieten, nicht-invasiv Informationen über die Belagsbildung und den Reinigungserfolg zu erfassen. Durch die Identifizierung von einzelnen oder mehreren kritischen Temperaturbereichen für das Fouling in Wärmeübertragern könnten vorhandene Produktionsanlagen modifiziert werden, um über ein vermindertes Fouling die Produktionszeiten zu verlängern. Werden die Erhitzungsanlagen bzw. kritische Temperaturabschnitte in diesen Anlagen mit einem derartigen US-Messsystem ausgestattet, könnten in Kombination mit einem Prognosemodell zukünftig Reinigungszyklen optimiert oder an den jeweiligen Verschmutzungsgrad adaptiert werden (CIP-Steuerung).

Ultraschall ist eine nicht-invasive, prozessfähige Messtechnik, die in vielen Bereichen eingesetzt wird, um strukturelle Merkmale und stoffliche Zusammensetzungen zu erfassen. Damit könnte der Reinigungserfolg an kritischen Stellen der Anlagen ohne optische Inspektion validiert werden. Durch eine auf die Verschmutzung bzw. den Verschmutzungsgrad abgestimmte CIP-Reinigung ließen sich die Reinigungszeiten um 20 bis 50 % gegenüber der auf den Worst-case-Fall ausgerichteten Auslegung reduzieren. Neben der Lebensmittelindustrie werden auch Softwarehersteller, Unternehmen des Maschinen- und Apparatebaus, Messtechnik-Hersteller sowie Ingenieurbüros und Projektierer von den Ergebnissen profitieren.

Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Milchwissenschaft und -technologie
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart
E-Mail: eidner@uni-hohenheim.de

Technische Universität München
School of Life Sciences
Forschungsdepartment Life Science Engineering
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Tel.: +49 8161 71-3262
Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: tb@tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

Förderhinweis

… ein Projekt der ***Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)***

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

FORSCHUNGSKREIS DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.

INDUSTRIELLE GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © Uni Hohenheim

Stand: 30. September 2026